

Делитель мощности на основе 4-х шлейфного квадратурного моста

А.В. Андрианов¹, Д.Е. Губарев¹, А.Н. Зикий², В.Г. Сленчковский¹

¹ Таганрогский научно-исследовательский институт связи, Таганрог

² Южный Федеральный Университет, Таганрог

Аннотация: в статье проведено исследование делителя мощности 10-сантиметрового диапазона. Даны описание схемы и конструкции делителя мощности на воздушно-полосковой линии передачи. Проведен анализ амплитудно-частотных характеристик делителя мощности в прямом и боковом плечах с помощью пакета Microwave Office. Экспериментально исследован макет делителя мощности, получены следующие результаты: в полосе от 2.4 до 3,7 ГГц потери не превышают 4,3 дБ, а неравномерность не превышает 1,7 дБ.

Ключевые слова: Делитель мощности, направленный ответвитель, шлейфовый мост, амплитудно-частотная характеристика, потери, неравномерность.

Делители мощности и направленные ответвители (далее ДМ и НО) широко используются в приемно-передающей аппаратуре СВЧ для деления и суммирования мощности радиосигналов [1]. В том числе широко используются ДМ и НО на основе квадратурных мостов. Наиболее широко используются двухшлейфные ДМ и НО. Реже используются трехшлейфные ДМ и НО, и совсем редко четырех шлейфные.

Объектом исследования в данной работе является 4-х шлейфный ДМ. Его достоинством является более широкая полоса пропускания по сравнению с двух- и трехшлейфными ДМ. Недостатком такого ДМ является сложность реализации крайних высокоомных шлейфов [1].

Целью работы является моделирование и экспериментальное исследование ДМ с малыми потерями и неравномерностью АЧХ.

Схема и конструкция

Схема ДМ приведена на рис. 1. Из этого рисунка видно, что ДМ состоит из 4-х шлейфного квадратурного моста, согласованной нагрузки и

трех коаксиально-полосковых переходов по типу IV ГОСТ 20265 [2]. ДМ выполнен в корпусе чашечного типа с внутренним размером 117x73x9 мм. Для размещения согласованной нагрузки корпус имеет отсек размером 44x25x9 мм. В этом отсеке расположены два поглощающих клина из ферроэпоксида.

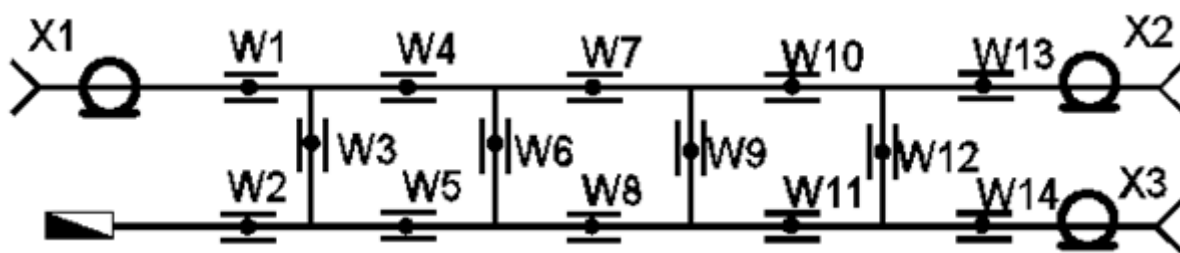


Рис. 1. - Схема делителя мощности

На рис. 2 представлено фото ДМ со снятой крышкой.

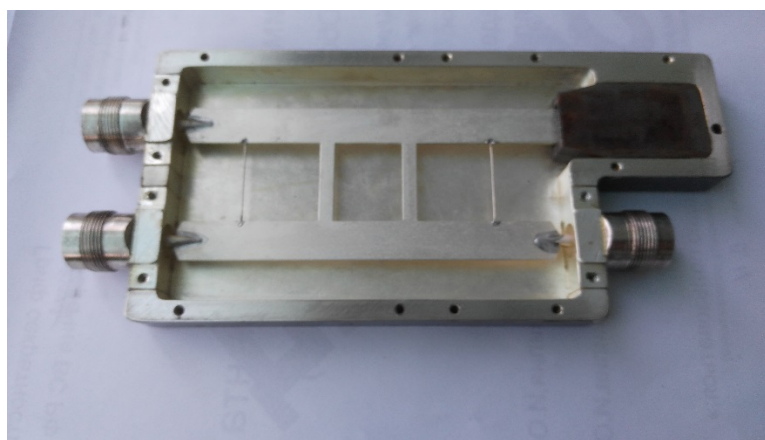


Рис. 2. - Фото делителя мощности со снятой крышкой

Основные геометрические размеры ДМ приведены в таблице 1. Корпус ДМ выполнен из латуни методом фрезерования. Внутренние поверхности ДМ покрыты серебром. Пайка деталей моста и соединителей проведена оловянно-свинцовым припоем. Снаружи ДМ покрыт темно-серой эмалью.

Таблица № 1

Геометрические размеры ДМ

Позиционное обозначение	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм
W1	20	11.6	1
W2	20	11.6	1
W3	25	0.4	0.4
W4	22.5	11.6	1
W5	25	11.6	1
W6	25	4.4	1
W7	25	11.6	1
W8	25	11.6	1
W9	25	4.4	1
W10	25	11.6	1
W11	25	11.6	1
W12	25	0.4	0.4
W13	20	11.6	1
W14	20	11.6	1

Моделирование

Моделирование проводилось в среде MWO [4, 3]. Модель ДМ показана на рис. 3. Крайние шлейфы, выполненные в виде проволочек диаметром 0,4 мм, заменены в модели индуктивностью 25 нГн. АЧХ прямого канала ДМ представлена на рис. 4. Из этого рисунка можно сделать вывод, что в полосе от 2,4 до 3,7 ГГц потери не превышают 4,2 дБ, а неравномерность АЧХ – не более 2дБ. Модель ДМ для анализа бокового канала изображена на рис. 5. АЧХ бокового канала можно видеть на рис. 6, откуда видно, что потери не превышают 4,1 дБ в полосе от 2,4 до 3,7 ГГц.

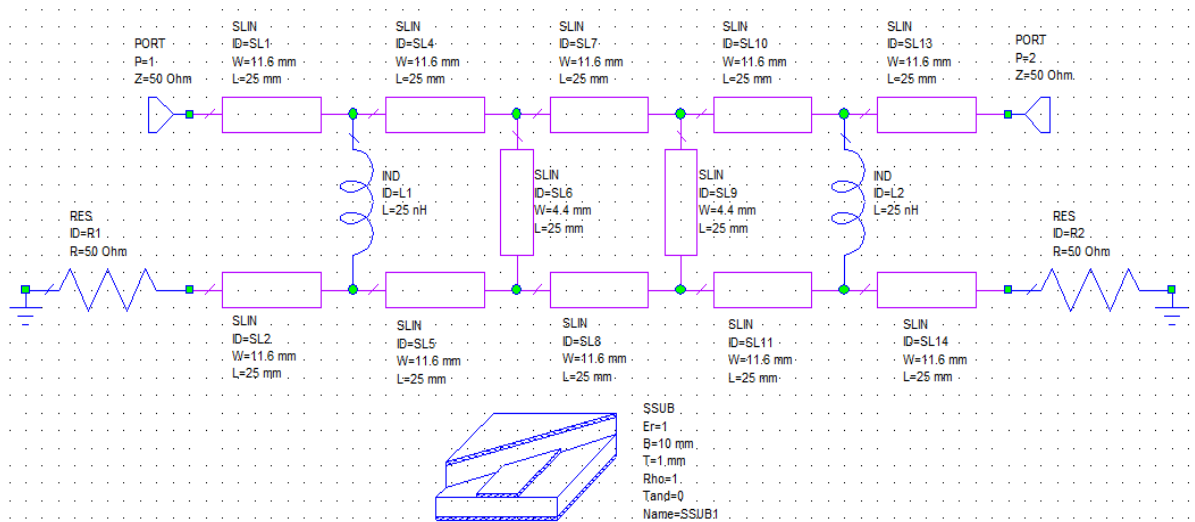


Рис. 3. - Модель делителя мощности для анализа прямой ветви

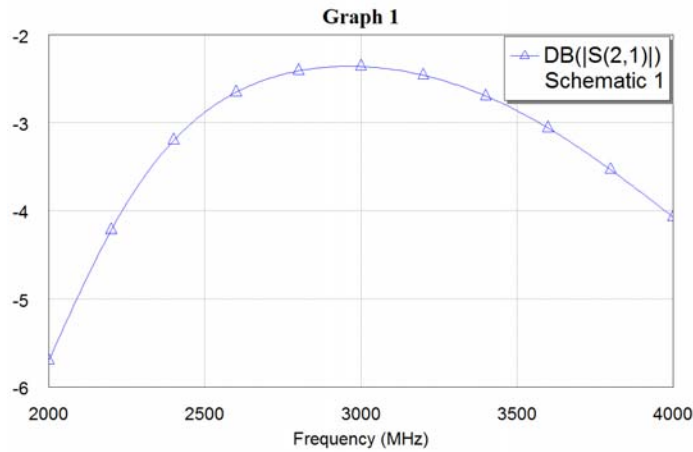


Рис. 4. - АЧХ прямой ветви делителя мощности из MWO

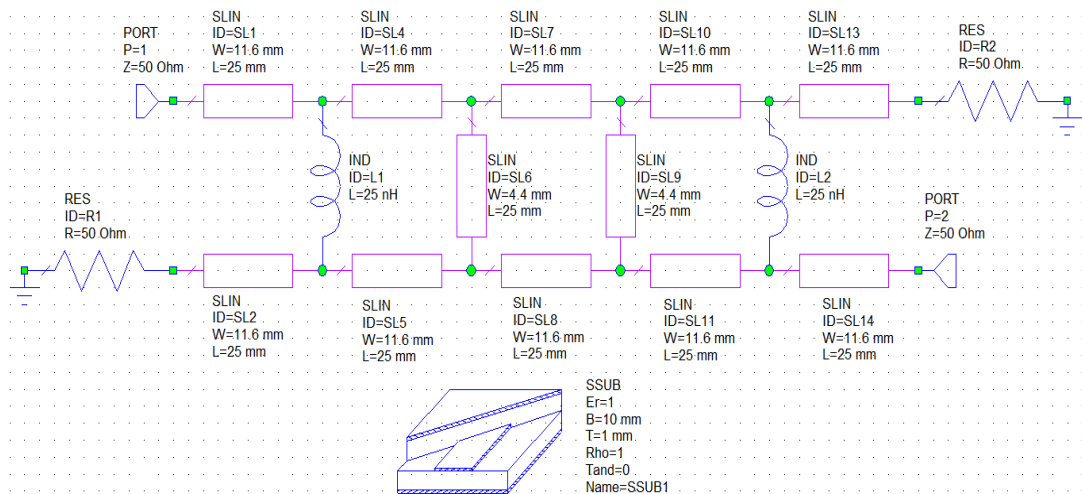


Рис. 5. - Модель делителя мощности для анализа боковой ветви

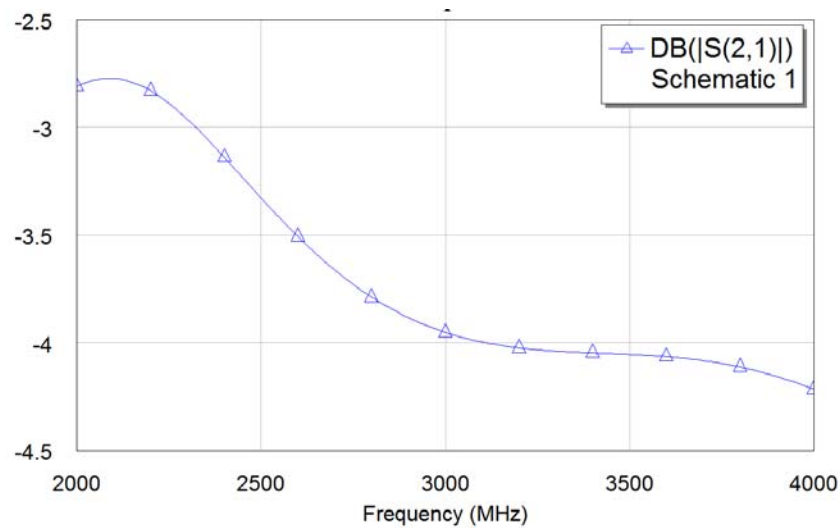


Рис. 6. - АЧХ боковой ветви делителя мощности из MWO

Эксперимент

Эксперимент проводился на установке, содержащей векторный анализатор цепей типа PNA-L согласованную нагрузку, комплект кабелей и переходов типа Э2-113/4. На рис. 7 можно видеть коэффициент передачи ДМ в прямом плече. Рис. 8 иллюстрирует зависимость коэффициента передачи от частоты в боковом плече.



Рис. 7. - АЧХ делителя мощности в канале вход-выход1

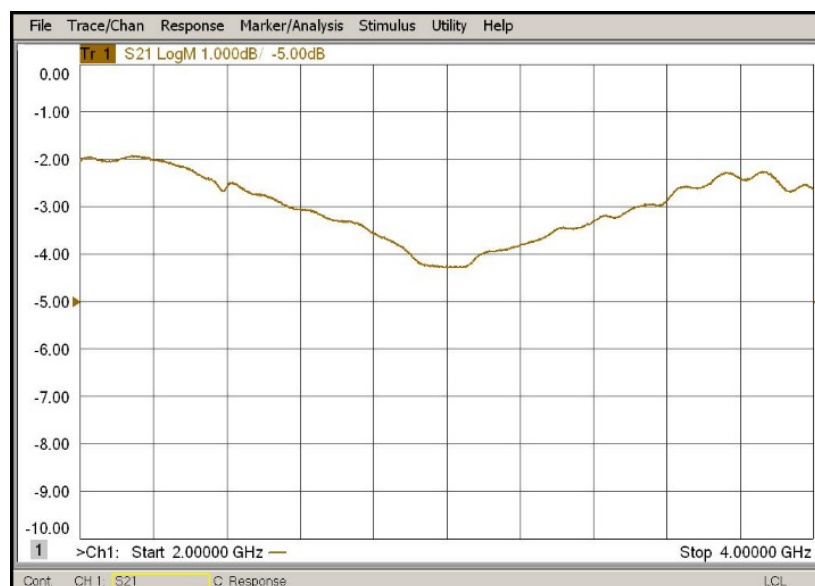


Рис. 8. - АЧХ делителя мощности в канале вход-выход2

Выводы

Основные параметры ДМ, полученные при моделировании и в эксперименте, сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Основные параметры ДМ

Наименование параметра, размерность	Задано	Моделирование	Эксперимент
Максимальные потери в канале вход-выход1 в полосе рабочих частот от 2,4 до 3,7 ГГц, дБ	4,3	3,4	4,3
Максимальные потери в канале вход-выход2 в полосе рабочих частот от 2,4 до 3,7 ГГц, дБ	4,3	4,1	4,3
Максимальная неравномерность потерь в канале вход-выход1 в полосе рабочих частот от 2,4 до 3,7 ГГц, дБ	2	1	1,5
Максимальная неравномерность потерь в канале вход-выход2 в полосе рабочих частот от 2,4 до 3,7 ГГц, дБ	2	0,9	1,7
Волновое сопротивление портов, Ом	50	50	-

Из этой таблицы видно, что заданные параметры ДМ достигнуты. При проведении данного исследования были полезными работы [5-10].

Литература

1. Маттей Д.Л., Янг. Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. Том 2. - М.: Связь, 1972. -496 с.
2. Радиоизмерительная аппаратура СВЧ и КВЧ. Узловая и элементная базы. Под ред. А.М.Кудрявцева. М.: Радиотехника,2006. -208 с.
3. Бахвалова С.А., Романюк В.А. Основы моделирования и проектирования радиотехнических устройств в Microwave Office. Учебное пособие –М.: Солон-Пресс, 2016. -152 с.
4. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. –М.: Солон-Пресс, 2003. -496 с.
5. Летавин Д.А. Миниатюрные конструкции микрополосковых мостовых устройств. Известия Самарского научного центра РАН. 2016. том 18. №2 (3), с. 917-921.
6. DAS. A.C. A Compact Branch-Line Couper Using Folded Microstrip Lines // Das. A/C/. L/ Murmu. S/ Dwari // IEEE Microw. Wireless Compon. Lett. Dec/ 2013, V.10. №7, pp. 1-3.
7. Tsai, K.-Yu. A miniaturized 3dB branch-line hibrid coupler with harmonics suppression // K.-Yu Tsai. H.-Sh. Yang, j. -H. Chen, Yi-j.E. Chen // IEEE Microw. Wireless Compon. Lett. Oct. 2011. V.21, №. 10, pp. 537-539.
8. Светличный Ю.Н., Воробьевский Е.М. Справочник по расчету элементов СВЧ на симметричных полосковых линиях. -М.: НИИЭИР, 1973. - 84 с.
9. Андрианов А.В., Зикий А.Н., Пустовалов А.И. Моделирование и экспериментальное исследование трактового фильтра на встречных

стержнях. // Инженерный вестник Дона, 2016, №4.
URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2016/3778

10. Андрианов А.В., Быков С.А., Зикий А.Н., Пустовалов А.И. Моделирование и экспериментальное исследование трактового фильтра сантиметрового диапазона. // Инженерный вестник Дона, 2017, №1.
URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y17/4042

References

1. Mattej D.L., YAng. L., Dzhons E.M.T. Fil'try SVCH, soglasuyushchie cepi i cepi svyazi [Microwave filters, matching circuits and communication circuits]. Tom 2. M.: Svyaz', 1972. 496 p.
2. A.M.Kudryavceva. M.: Radiotekhnika, 2006. 208 p.
3. Bahvalova S.A., Romanyuk V.A. Osnovy modelirovaniya i proektirovaniya radiotekhnicheskikh ustrojstv v Microwave Office.Uchebnoe posobie M.: Solon-Press, 2016. 152 p.
4. Razevig V.D., Potapov YU.V., Kurushin A.A. Proektirovanie SVCH ustrojstv s pomoshch'yu Microwave Office [Fundamentals of modeling and design of radio devices in Microwave Office.Textbook]. M.: Solon-Press, 2003. 496 p.
5. Letavin D.A. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2016. tom 18, №2 (3), pp. 917-921.
6. DAS. A.S. A Compact Branch-Line Couper Using Folded Microstrip Lines Das. AC. L Murmu. S Dwari IEEE Microw. Wireless Compon. Lett. Dec 2013, V.10. №7, pp. 1-3.
7. Tsai, K.-Yu. A miniaturized 3dB branch-line hibrid coupler with harmonics suppression K. Yu Tsai. H.-Sh. Yang, j. H. Chen, Yi-j.E. Chen IEEE Microw. Wireless Compon. Lett. Oct. 2011. V.21, №. 10, pp. 537-539.
8. Svetlichnyj YU.N., Vorob'evskij E.M. Spravochnik po raschetu ehlementov SVCH na simmetrichnyh poloskovykh liniyah [The basics modelir Reference for



calculation of microwave elements on a symmetric strip lines]. M.: NIIHIR, 1973. 84 p.

9. Andrianov A.V., Zikij A.N., Pustovalov A.I. Modelirovanie i ehksperimental'noe issledovanie traktovogo fil'tra na vstrechnyh sterzhnyah. Inzenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2016/3778

10. Andrianov A.V., Bykov S.A., Zikij A.N., Pustovalov A.I. Modelirovanie i ehksperimental'noe issledovanie traktovogo fil'tra santimetrovogo diapazona. Inzenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y17/4042